



「コンクリート構造診断士」とは、プレストレストコンクリート工学会により認定される技術者資格です。コンクリート構造診断士に期待される役割は、既設の鉄筋コンクリート構造物やプレストレストコンクリート構造物に対して、力学的・構造的な診断や評価を実施し、当該構造物の適切な補修・補強、あるいは維持管理の手法を提示することです。

このコーナーでは、こうしたコンクリート構造診断士の活動を紹介するため、資格登録更新時に提出される研修報告書のなかから、とくに一般の読者にも有益な情報を与えるとして選出された事例を掲載します。

アラミド繊維補強されたコンクリート 床版の疲労耐久性について



ショーボンド建設株式会社
中部支社 技術部
太田 翔

1. はじめに

名古屋高速道路公社では、昭和47年道路橋示方書にて設計された床版（以下、S47床版）にとくに損傷が顕在化していることから、大規模修繕工事を実施し床版補強に取り組んでいる。その床版下面補強には連続繊維シート接着工法が選定され、標準として二方向アラミド繊維シートが採用されている。既往の研究¹⁾では、昭和39年鋼道路橋設計示方書にて設計された床版において補強効果は確認されているものの、S47床版に二方向アラミド繊維シートを補強した場合の補強効果については十分解明されていない。本報告では、初期損傷を与えたS47床版を対象に二方向アラミド繊維シートで補強した場合の疲労耐久性について輪荷重走行試験により検討した成果を報告する。

2. 試験概要

2.1 床版試験体

試験体概要を図-1に示す。

- ・床版寸法：3 500 mm × 2 800 mm（床版支間：2 500 mm）
- ・床版厚： $t=190$ mm
- ・配筋：主筋 D19，配力筋 D16

2.2 試験体のコンクリート圧縮強度

試験体はコンクリートの圧縮強度が異なる2体とした。なお、コンクリート圧縮強度は合成桁の床版設計基準強度 35.0 N/mm^2 に対し、実橋床版の調査結果では、強度低下が確認されたことから、呼び強度 18, 24（以下、A1, A2）で試験体を作成した。試験体のコンクリート圧縮強度を表-1に示す。なお、試験終了時のコアはひび割れが発生していない箇所にて採取し、圧縮強度試験を実施した。

2.3 二方向アラミド繊維シート

二方向アラミド繊維シートは目付量 870 g/m^2 、引張剛性

28.3 kN/mm の製品を使用した。補強範囲は橋軸方向 $2 800 \text{ mm}$ 、橋軸直角方向 $2 250 \text{ mm}$ とし、二方向アラミド繊維シートを一層全面貼りした。

2.4 試験方法

輪荷重走行試験機は自走式（ゴムタイヤ）を用いた。載荷方法は輪荷重 157 kN から4万回ごとに 19.6 kN ずつ階段状に荷重を増加させ、 235 kN （試験機の最大載荷荷重： 250 kN ）に達するまでの計20万回とし、床版中央変位、鉄筋のひずみなどを計測した。初期損傷は既往の研究²⁾を参考に、床版中央変位が 6 mm に達するまでとし、事前含浸法を用いた二方向アラミド繊維シートの補強を実施した。

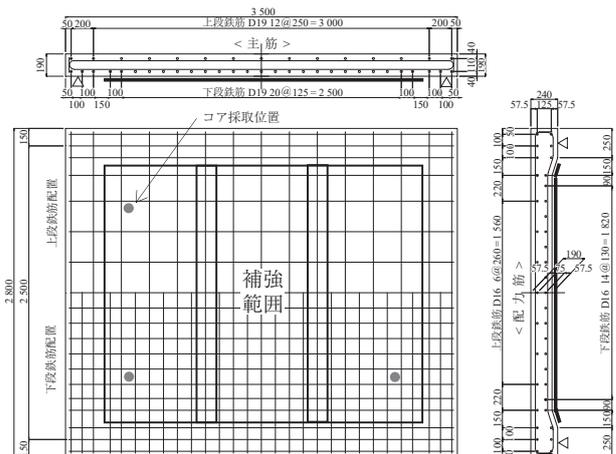


図-1 試験体および補強範囲

表-1 コンクリート材料物性

圧縮強度	A1	A2
試験開始時 ^{*1}	26.8 N/mm ²	33.6 N/mm ²
試験終了時 ^{*2}	22.1 N/mm ²	29.6 N/mm ²

※1 $\phi 100 \times 200 \text{ mm}$ の供試体を試験。

※2 床版試験体から $\phi 80 \times 160 \text{ mm}$ のコアを採取し、試験。

3. 試験結果

3.1 補強前の床版状態

A1では走行回数40 010回時、A2では60 000回時に補強を実施した。両者ともに多数のひび割れが発生している状態で、発生状況に大きな差はないと考えられる。また、初期損傷は表-2に示す“輪荷重により縦横のひび割れが増加する段階”であり、公社で確認した実橋床版の損傷と同程度の状態と判断した。

表 - 2 床版の損傷段階と炭素繊維シート接着工法の適用³⁾

損傷段階	損傷度の目安	床版の損傷状況	炭素繊維シート接着工法の適用
①	健全	[強靱な版構造]	・基本的に補強の必要はないが、予防保全としての適用が可能
②	Ⅳ	[並立梁構造] 床版コンクリート硬化に伴う乾燥収縮により橋軸直角方向に貫通したひび割れが大きな間隔で発生する段階	・基本的に補強の必要はないが、予防保全としての適用が可能
③	Ⅲ	[二方向曲げひび割れ] 輪荷重により縦横のひび割れが増加する段階	・炭素繊維シートによる補強が可能
④	Ⅱ初期 (すり磨きが生じていない)	[ひび割れの細網化・貫通] 輪荷重によるねじりモーメントによって床版上面に橋軸直角方向にひび割れが発生し、下面に発生したひび割れとつながり貫通し、並列の梁状になる段階	・炭素繊維シートによる補強が可能
⑤	Ⅱ	[サイコロ状] 貫通したひび割れ面のすり磨きや浸透水による石灰分の流出により、ひび割れが拡大し、せん断抵抗を失う段階	・せん断強度が低下し単独では不可 ・上面増厚工法との併用・応急対策
⑥	Ⅰ	[床版の陥没] 低下した押抜きせん断強度を超える輪荷重により抜落ちを生じる段階	-

3.2 アラミド繊維シートの補強効果

図 - 2 に A1 におけるアラミド繊維シート補強前後の鉄筋ひずみを示す。輪荷重の一部をシートが負担しているため、補強後の鉄筋ひずみが減少している。図 - 3 に走行回数と床版中央変位の関係を示す。図 - 4 には松井式⁴⁾による RC 床版の S-N 曲線の勾配を用いて載荷荷重を 147 kN 一定荷重とした場合の換算走行回数と床版中央変位の関係を示す。A1, A2 とともに累計 20 万回に達しても床版破壊には至らず、147 kN 換算走行回数であれば約 2300 万回以上の耐久性を有していた。両者の残留変位はほぼ同一で、活荷重変位に差が見られる。これはコンクリートの強度による差だと考えられる。

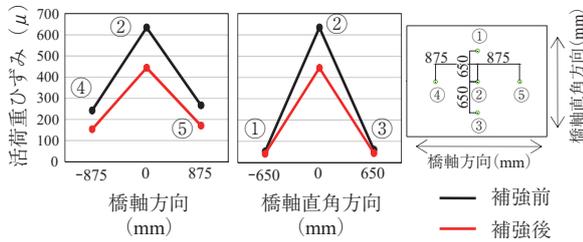


図 - 2 補強前後の下段鉄筋のひずみ分布 (A1)

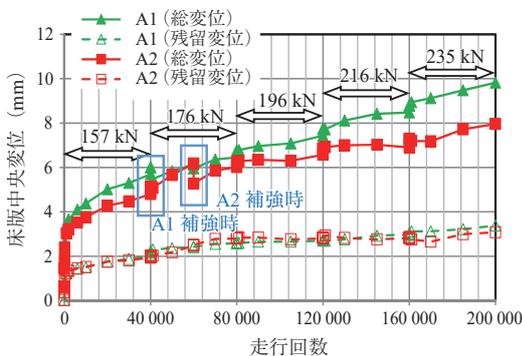


図 - 3 走行回数と床版中央変位の関係

図 - 5 に試験後の床版下面のアラミド繊維シートの剥離状況とひび割れ状況を示す。剥離は打診棒で調査を行い、目視によりひび割れをスケッチした。剥離は両者ともに 12 万回時に確認され、その後走行が進むにつれ、両者とも

剥離面積は徐々に広がり、試験後には剥離面積は A1 の方が多くなった。今回の試験条件においては、コンクリートと含浸樹脂界面の付着破壊が生じ、その付着強度はコンクリートの強度の差で支配されているために A1 の剥離面積が多くなったと思われる。床版の切断面においては両者ともに貫通ひび割れを視認できず健全な状態を保っていた。

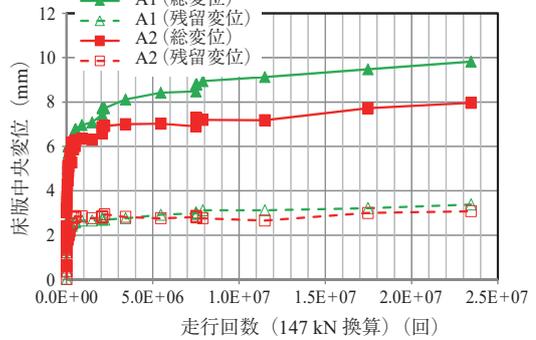


図 - 4 換算走行回数と床版中央変位の関係

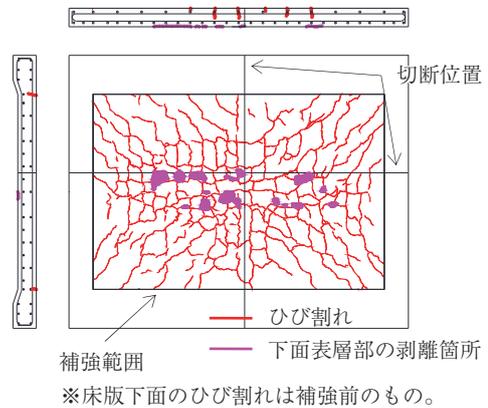


図 - 4 試験後の剥離状況とひび割れ状況 (A1)

4. まとめ

S47 床版に対して二方向アラミド繊維シートを一層全面貼りすると、147 kN 換算で約 2300 万回の輪荷重作用に対しても床版破壊に至らなかった。コンクリートの圧縮強度が設計基準強度に満たない床版に対しても、二方向アラミド繊維シートを一層全面貼りすることにより十分な疲労耐久性が確保できることが確認できた。

参考文献

- 1) 中島ほか：二方向アラミド繊維シートの補強効果に与える貼付方法の影響，土木学会第 55 回年次学術講演会，pp.774-775，2000
- 2) 建設省土木研究所ほか：コンクリート部材の補修・補強に関する共同研究報告書 (I)：p.III-22，1999
- 3) 建設省土木研究所ほか，コンクリート部材の補修・補強に関する共同研究報告書 (III)：p.35，1999
- 4) 松井繁之：道路橋床版 設計・施工と維持管理，森北出版，2007
- 5) 鈴木ほか：二方向アラミド繊維シート補強による床版の疲労耐久性について，土木学会第 72 回年次学術講演会 (CD-ROM)，VI-639，2017

[2020 年 4 月 6 日受付]